

Фотоэлектроника

УДК 621.382: 535.231.62

Разработка мозаичных неохлаждаемых микроболометрических приемников инфракрасного и терагерцового спектральных диапазонов форматом до 3072×576 и более

М.А. Демьяненко, Д.Г. Есаев, А.Г. Клименко, А.И. Козлов,
И.В. Марчишин, А.Р. Новоселов, В.Н. Овсяк

Разработана прецизионная технология близкой стыковки кристаллов для создания гипербольших микроболометрических мозаичных фотоприемников (МФП). Суммарная ширина технологической части «слепой зоны» между краевыми фоточувствительными элементами (ФЧЭ) соседних субмодулей не превышает 30 мкм. Синтезирована схема блока адресации, обеспечивающая минимизацию топологической части «слепой зоны» МФП, например, при технологии 0,5 мкм КМОП 1Р 3М до 20 мкм для ФЧЭ терагерцового диапазона с шагом 100 мкм и до 26 мкм для инфракрасных ФЧЭ с шагом 51 мкм.

PACS: 07.57.Kp, 85.40.—e, 42.30.Va, 79.20.Eb

Ключевые слова: мозаичный фотоприемник, микроболометр, кремниевый мультиплексор, инфракрасный и терагерцовый диапазоны, лазерное скрайбирование.

Введение

Современная потребность увеличения дальности действия и пространственного разрешения тепловизионных систем на основе неохлаждаемых матричных микроболометрических приемников (ММБП) излучения инфракрасного (ИК) и терагерцового (ТГц) спектральных диапазонов определяет необходимость увеличения формата фотоприемной матрицы и уменьшения размеров фоточувствительных элементов (ФЧЭ) в этой матрице [1–5].

Существенное увеличение количества ФЧЭ в однокристалльном ММБП ведет к значительно-

му увеличению линейных размеров кристаллов кремниевых мультиплексоров (КМ), на основе которых создаются ММБП, и ограничивается неприемлемым уменьшением процента выхода годных кристаллов в процессе производства КМ и ММБП и, соответственно, неприемлемой ценой.

Одним из наиболее перспективных путей кардинального увеличения формата ММБП, как и фотоприемников на основе соединения кадмий–ртуть–теллур или на основе многослойных структур с квантовыми ямами, является мозаичный принцип построения, при котором несколько кристаллов субмодулей ММБП меньшего формата устанавливаются стык в стык друг другу на общем основании (рис. 1). Таким образом, с использованием технологии близкой стыковки кристаллов создается мозаичный фотоприемник (МФП) гипербольшего (до 3072×576 и более) формата. В настоящее время фирма LSST Corporation (USA) намерена создать МФП, состоящий из 568 фотоприемников форматом 2048×2048 с шагом 10 мкм для использования в телескопах.

Ограничение области применения МФП связано с наличием «слепых зон», обусловленных отсутствием ФЧЭ вдоль линии стыковки кристаллов субмодулей (рис. 2). При этом часть ИК- или ТГц-изображения теряется и снижается эффективность преобразования изображений в МФП. (Эффективность преобразования изображений — это отношение количества работающих ФЧЭ в МФП, к сумме ФЧЭ, потерянных в «слепых зонах» и ра-

Демьяненко Михаил Алексеевич, ст. научн. сотрудник.

Есаев Дмитрий Георгиевич, зав. лабораторией.

Клименко Анатолий Григорьевич, ст. научн. сотрудник.

Козлов Александр Иванович, ст. научный сотрудник.

Марчишин Игорь Владимирович, ст. научн. сотрудник.

Овсяк Виктор Николаевич, гл. научный сотрудник.

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН (ИФП СО РАН).

Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13.

Тел.: 8 (383) 333–19–54. E-mail: kozlov@isp.nsc.ru

Новоселов Андрей Рудольфович, ст. научн. сотрудник.

Новосибирский филиал ИФП СО РАН «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники» (НФ ИФП СО РАН «КТИПМ»).

Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 2/1.

Тел.: 8 (383) 330–74–21, доб. 303.

E-mail: novoselov@oesd.ru

Статья поступила в редакцию 10 февраля 2014 г.

© Демьяненко М.А., Есаев Д.Г., Клименко А.Г., Козлов А.И., Марчишин И.В., Новоселов А.Р., Овсяк В.Н., 2014

ботающих в МФП [6].) Очевидно, что при уменьшении размеров ФЧЭ в матрице фиксированного формата эффективность преобразования изображений МФП снижается, т.к. по мере уменьшения размеров ФЧЭ все большее количество элементов изображения теряется в «слепой зоне» при одном и том же ее линейном размере.

В 2003 г. «слепая зона» составляла 7641 мкм (около 283 ФЧЭ) [3], в 2004 г. — 7128 мкм (264 ФЧЭ) [4] и в 2009 г. — около 367 мкм (35 ФЧЭ) [5]. Фирма LSST Corporation предполагает уменьшить размер «слепой» зоны до 100 мкм (10 ФЧЭ).

Ширина «слепой зоны» между краевыми ФЧЭ соседних кристаллов в составе МФП вдоль вертикальной линии стыковки кристаллов определяется размерами как технологической части «слепой зоны», так и топологической области размещения на кристалле реверсивного блока адресации (БА) submodule ММБП по соответствующей координате. При этом ширина технологической части «слепой зоны» между краевыми ФЧЭ соседних кристаллов в составе МФП вдоль горизонтальной линии стыковки кристаллов зависит только от возможностей блока технологических опера-

ций прецизионного разделения пластин на рабочие кристаллы.

Технологическая часть «слепой зоны» определяется шириной области повреждения полупроводникового материала, возникающей в процессе разделения пластин на рабочие кристаллы, неровности краёв стыкуемых кристаллов и зазора между ними. Понятие «ширина области повреждения полупроводникового материала» подразумевает следующее. При скрайбировании пластин лазерным излучением формируется канавка (рис. 3). (Скрайбирование — основная технологическая операция процесса разделения пластин на отдельные рабочие кристаллы.) Вокруг канавки образуется область полупроводникового материала, в которой изменяются его свойства (подробнее изложено в первой части работы). Форма дна канавки определяет линию раскола пластин. Для симметричной V-образной канавки расстояние между краем канавки на поверхности и линией раскола пластин равно полуширине канавки.

Дальнейшее уменьшение размеров технологической части «слепой зоны» возможно путем уменьшения размеров области повреждения по-

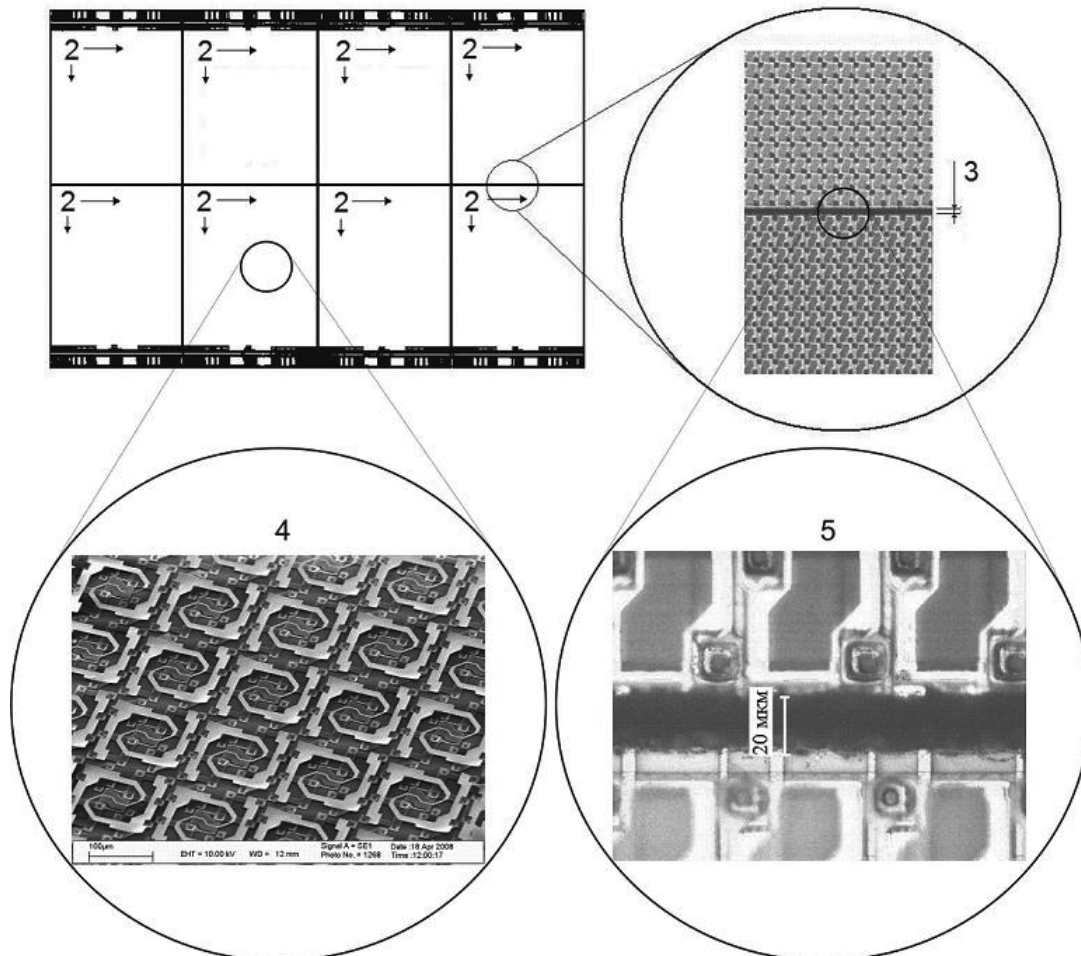


Рис. 1. Принцип построения неохлаждаемого мозаичного ММБП форматом до 3072×576 и более для ИК- и ТГц-диапазонов (1 — мозаичный ММБП, 2 — submodule, 3 — технологическая часть «слепой зоны», 4 — один из вариантов конструктивного исполнения ТГц-submodule, 5 — кристаллы ИК-submodule, состыкованные в МФП, с указанным размером области неровности края; стрелки показывают единый принцип сканирования всего матричного МФП в целом).

лупроводникового материала и обеспечении стыковки кристаллов без зазора. Наиболее известно конструктивно-технологическое решение для линейчатого МФП форматом 2×1500 , разработанное фирмой LETI (Франция) [7]. Однако данный подход невозможно реализовать в матричных МФП из-за отсутствия места для смещения краевых ФЧЭ.

Целью настоящей работы является, во-первых, разработка и оптимизация прецизионной технологии близкой стыковки кремниевых кристаллов, обеспечивающей минимизацию технологической части «слепых зон» МФП гипербольшого формата за счет уменьшения областей поврежде-

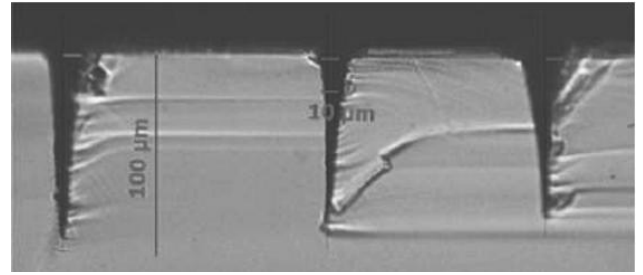


Рис. 3. Профили формируемых канавок для разных углов наклона оптической оси лазера относительно нормали к поверхности кристалла.

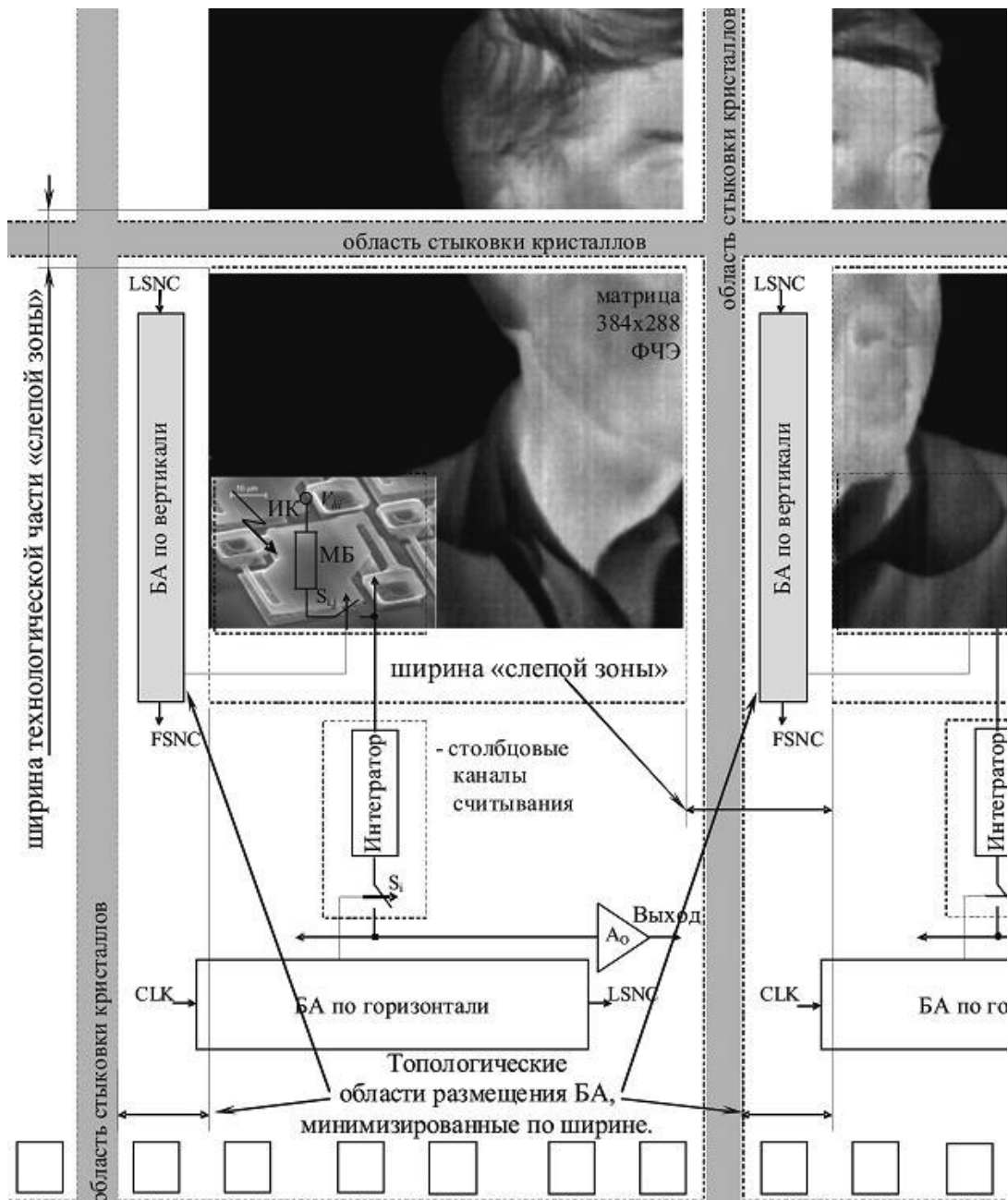


Рис. 2. Базовая структура МФП с конструктивным исполнением ИК МБ, вариантом расположения ИК-изображения на матрицах ФЧЭ submodule и указанием мест размещения «слепой зоны» и ее технологической части. (МБ - микроболومتر, V_{hi} — напряжение смещения МБ, $S_{i,j}$ — ключ адресации в элементарной ячейке, S_i — столбцовый ключ адресации, A_o — выходной узел, CLK — тактовый сигнал, LSNC — строчный синхроимпульс, FSNC — кадровый синхроимпульс).

ния и неровности краёв стыкуемых кристаллов; во-вторых, исследование специальной схемотехники и создание на этой основе конструкции и схемы субмодуля ММБП, которая заданным образом минимизирует топологические размеры БА по соответствующей координате при размещении контактных площадок на одной стороне кристалла субмодуля.

Прецизионная технология близкой стыковки кристаллов в МФП

Основные задачи, решаемые в первой части данной работы, — анализ повреждений полупроводниковой пластины при разных способах скрайбирования, а также исследование и оптимизация режимов базового блока технологических операций на основе лазерного скрайбирования пластин для уменьшения области повреждения материала с последующей разработкой прецизионной технологии близкой стыковки кристаллов в МФП.

Известно [8], что при механическом разрезании полупроводниковой пластины с помощью алмазных дисков или их скрайбировании алмазным резцом вокруг канавки формируется область повреждения материала размером 20–30 мкм (для кремниевой пластины). В процессе лазерного скрайбирования пластин вокруг канавки также образуется область повреждения материала. Для КМ, например, при длине волны лазерного излучения 1,064 мкм область повреждения имеет ширину не менее 35 мкм [9]. В отличие от механических способов разделения пластин на кристаллы при лазерном скрайбировании область повреждения материала можно уменьшить.

Для анализа повреждений кремниевой пластины при лазерном скрайбировании рассмотрим взаимодействие лазерного излучения, имеющего гауссоподобное изменение плотности энергии в пятне света на поверхности, с полупроводниковыми материалами. Из-за неравномерности плотности энергии лазерного излучения в пределах пятна на поверхности полупроводникового материала выделим три характерные кольцевые зоны: 1 — центральная область, в которой плотности энергии излучения достаточно для перехода материала в газообразное (парообразное) состояние; 2 — область, расположенная дальше от центра, в которой плотность энергии выше порога плавления; 3 — область на краях пятна излучения, в которой плотность энергии меньше порога плавления. При этом ширина канавки не превышает размеров зоны 2 и зависит от доли расплава в выбросе материала [10]. Вне пределов пятна излучения имеется еще зона 4, в которой регистрируется повреждение полупроводникового материала. В [11] представлены результаты ис-

следования электрических и физических свойств *p*-CdTe в зоне 4, а в [6] результаты исследований на кремнии и соединении кадмий—ртуть—теллур по изменению вольт-амперных характеристик диодов, находящихся в зоне 4.

При облучении поверхности полупроводникового материала в пятне излучения последовательно происходят следующие процессы: разрушение кристаллической структуры материала (зоны 1, 2 и 3), плавление (зоны 1 и 2) и парообразование в зоне 1. В момент выброса материала из зоны 1 волна давления, обусловленная температурным коэффициентом линейного расширения пара, выдавливает расплав из зоны 2 на поверхность [6]. В зоне 3, в соответствии с литературными данными (для длин волн более 0,531 мкм), регистрируется увеличение концентрации дислокаций в кремнии (Si) и в других полупроводниковых материалах, например, в кадмий—теллуре (CdTe) [11], возникновение новых и исчезновение существующих электронных уровней в запрещенной зоне в Si [12] и изменение химического состава в соединении кадмий—ртуть—теллур (CdHgTe) [13].

Отметим, что в зонах 3 и 4 регистрируются схожие изменения для разных полупроводниковых материалов. Уменьшить ширину поврежденного слоя можно путем экранирования поверхности кристаллов от излучения зоны 3, где плотность энергии недостаточна для расплава материала. Для уменьшения протяженности зоны 4 необходимо осуществить оптимальный выбор источника лазерного излучения и режимов технологической операции лазерного скрайбирования. Известно, что пороговые плотности энергии плавления и парообразования в материале зависят от длины волны излучения [14]. Определено, что применение для скрайбирования длин волн более 0,531 мкм для кремния нецелесообразно из-за значительного увеличения глубины поглощения, а значит увеличения плотности энергии излучения, что увеличивает объем кремния, переходящего в расплавленное и парообразное состояние. Так, плотность энергии начала парообразования кремния на длине волны 0,531 мкм составляет 4 Дж/см², в то время как на длине волны 0,248 мкм только 1 Дж/см² [15]. Таким образом, для скрайбирования приборных пластин длина волны лазерного излучения не должна превышать 0,531 мкм.

При применении лазера с наносекундной длительностью импульсов расплав, возникающий в области воздействия на материал лазерного излучения, выдавливается на поверхность и боковые стенки канавки. При этом на поверхности формируется «буртик» высотой более 1–2 мкм, препятствующий гибридизации фотоприемников

на основе соединения кадмий—ртуть—теллур или на основе многослойных структур с квантовыми ямами и увеличивающий технологическую часть «слепой зоны» на кристалле ММБП. На рис. 4 представлены данные о ширине канавки в зависимости от количества импульсов в каждую точку поверхности КМ для однопроходного режима скрайбирования и предлагаемого многопроходного режима при скорости движения лазерного луча относительно пластины равной 120 мкм/с. Плотность энергии лазерного излучения в эксперименте составляла около 3,6 Дж/см². Как показали эксперименты, при использовании многопроходного режима лазерного скрайбирования формирование «буртика» на поверхности и сужения канавки не происходит.

На рис. 5 показаны зависимости тока при обратном включении p — n -переходов в КМ от расстояния до канавки. Кремниевые мультиплексоны были изготовлены по технологиям «LOCOS» и «МОП со стоп-диффузией». Безопасное расстояние в этом случае не превышает 6 мкм.

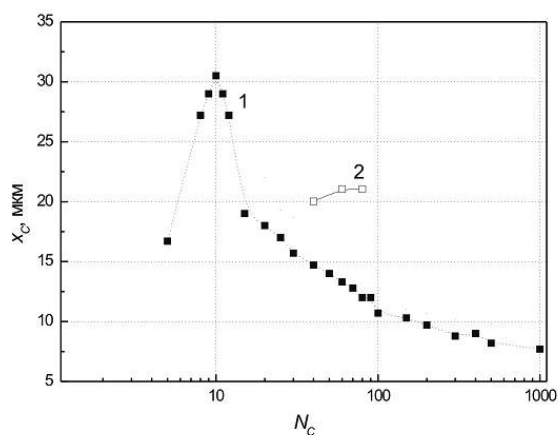


Рис. 4. Зависимость ширины канавки (x_c) от количества импульсов (N_c) лазерного излучения в каждую точку поверхности КМ для однопроходного (1) режима скрайбирования и оптимизированного многопроходного (2) режима.

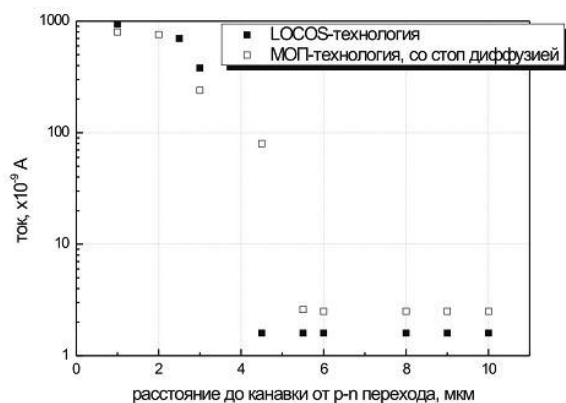


Рис. 5. Зависимости тока при обратном включении p - n переходов в КМ от расстояния до канавки. (Напряжение на p - n -переходах было около 8,2 В.)

Для ещё более значительного уменьшения ширины повреждённого слоя при скрайбировании необходимо формировать несимметричную V-образную канавку, одна сторона которой перпендикулярна поверхности кристалла (см. рис. 3). Это достигается формированием канавки излучением лазера с отклонённой оптической осью от нормали к поверхности приборной пластины в поперечном направлении. После раскола пластины по такой канавке значительно уменьшается ширина области повреждения, так как расстояние между краем канавки на поверхности и линией раскола не превышает 1—3 мкм.

При многопроходном режиме скрайбирования лазерным излучением с длиной волны 0,334 мкм, частотой повторения импульсов 100 Гц и длительностью импульса 7 нс ширина области повреждения не превышает 5 мкм, а ширина области неровности краёв состыкованных субмодулей ММБП равна ширине канавки, в данном случае около 20 мкм (см. рис. 1). Суммарная ширина технологической части «слепой зоны» составит около 30 мкм.

Для практической реализации конструкции МФП (см. рис. 1) с близкой стыковкой кремниевых кристаллов ММБП был применён следующий способ. Кристаллы ММБП закреплялись на сапфировой плате при помощи эпоксидного клея. Предварительно в сапфировой плате были созданы технологические отверстия для временной фиксации кристаллов. Плата устанавливалась под микроскопом на столик с подведённой вакуумной линией. Под микроскопом кристалл с нанесённым на непланарную (тыловую) сторону слоем эпоксидного клея минимальной толщины устанавливался на заданное место, а затем при помощи вакуума удерживался до полной полимеризации клея. После этого аналогично устанавливался следующий кристалл ММБП.

Пример двух совмещённых кристаллов ММБП представлен на рис. 1, где канавка формировалась за 50 проходов. После скрайбирования приборная пластина была разделена на кристаллы, и края двух кристаллов были совмещены.

Итак, исследован и оптимизирован базовый блок технологических операций лазерного скрайбирования кремниевых пластин и разработана прецизионная технология близкой стыковки в МФП кремниевых кристаллов с суммарным размером «слепой зоны» между краевыми ФЧЭ соседних субмодулей МБПП не более 30 мкм (см. рис. 1) [6].

Оптимизация конструкции субмодуля КМ для МФП

Схемотехнический путь достижения предельной эффективности преобразования изображений

в МФП заключается в разработке специальной конструкции субмодуля КМ. При этом главные задачи — синтезировать такую конструкцию кристалла КМ, которая обеспечивает размещение контактных площадок на одной стороне кристалла субмодуля, что необходимо для близкой стыковки произвольного количества субмодулей КМ по горизонтали, и минимизировать топологический размер ячейки БА по вертикали перпендикулярно направлению сдвига информации при заданном размере его ячейки вдоль направления сдвига.

На основе анализа принципов построения схем считывания фотосигналов многоэлементных фотоприемников разработана конструкция КМ, допускающая близкую стыковку кремниевых кристаллов субмодулей приемлемого формата в мозаичных ММБП (см. рис. 2) [17]. В качестве БА для создания КМ можно использовать классический КМОП сдвиговый регистр, топологическое исполнение которого обеспечивает необходимые требования технологии близкой стыковки кристаллов по геометрическим размерам [18].

Однонаправленный сдвиговый регистр с минимальным размером топологической ячейки перпендикулярно направлению сдвига информации внутри БА при заданном размере ячейки вдоль направления сдвига содержит два инвертора и два передаточных вентиля, т.е. восемь МОП-транзисторов [18]. Однако такой регистр не обеспечивает реверсивности сдвига содержащейся в нем информации, что принципиально необходимо для обеспечения единого принципа сканирования (слева направо и сверху вниз) всего матричного МФП в целом (см. рис. 1).

Схема вышеуказанного регистра может быть модернизирована посредством введения дополнительно двух передаточных вентилях, что позволяет расширить функциональные возможности известного регистра за счет обеспечения реверсивности, т.е. возможности изменения направления сдвига информации внутри регистра.

Топология ячейки модернизированного БА с реверсивной адресацией по вертикали при проектировании КМ, например, по технологии 0,5 мкм КМОП 1Р 3М (КМОП технология с проектными нормами 0,5 мкм, с одним уровнем поликремниевых затворов и с тремя уровнями металлической разводки) может занимать площадь кремниевого кристалла $\sim 20 \times 100$ мкм² для ММБП ТГц-спектрального диапазона с шагом ФЧЭ 100 мкм и $\sim 26 \times 51$ мкм² для ИК ММБП с шагом ФЧЭ 51 мкм.

Синтезированная конструкция субмодуля КМ, в которой для выполнения операции адресации по вертикали применена схема предложенного

реверсивного сдвигового регистра, обеспечивает: во-первых, минимальную площадь области потери фоточувствительности объединенной матрицы фотоэлементов при близкой стыковке кремниевых кристаллов в составе МФП, при этом для инфракрасных микроболометров потеря ФЧЭ вдоль вертикальной линии стыковки не превысит 2-х элементов, для микроболометров терагерцового диапазона за счет уменьшения (с последующей коррекцией) чувствительности краевых элементов можно обеспечить близкую стыковку без потери ФЧЭ вдоль вертикальной линии стыковки, а площадь области потери фоточувствительности объединенной матрицы фотоэлементов вдоль горизонтальной линии стыковки будет определяться только возможностями прецизионной технологии близкой стыковки кристаллов, предложенной выше; во-вторых, расположение внешних контактных площадок только на одной стороне кристалла субмодуля; в-третьих, единый принцип сканирования всего мозаичного ММБП в целом.

Использование полученных экспериментальных (в плане разработки топологии) результатов по построению схем считывания фотосигналов и разработанной прецизионной технологии стыковки кристаллов может обеспечить возможность создания мозаичных ММБП большого и гипер-большого формата с высокой эффективностью преобразования входных ИК- и ТГц-изображений. Для ИК-спектрального диапазона в микроболометрическом МФП формате 3072×576 на основе субмодулей размерностью 384×288 эффективность преобразования может достигать 99,2%, а в случае МФП ТГц-диапазона — до 100%.

Итак, проанализирована конструкция КМ и предложена схема БА с реверсивной адресацией по вертикали, которая обеспечивает минимальную площадь области близкой стыковки, расположение внешних контактных площадок только на одной стороне кристалла субмодуля и единый принцип сканирования всего МФП. Это позволяет осуществлять близкую стыковку двух субмодулей по вертикали, размер матрицы микроболометров по горизонтали ограничивается лишь экономическими соображениями и требованиями заказчиков.

Заключение

В работе исследован и оптимизирован базовый блок технологических операций разделения полупроводниковых пластин на отдельные рабочие кристаллы с использованием сверхточного метода лазерного скрайбирования. На этой основе разработана прецизионная технология близкой стыковки кристаллов в целом и исследованы принципы построения конструкции КМ, обеспечивающие создание мозаичных ММБП изображений ИК-

и ТГц-диапазонов форматом до 3072×576 и более с минимальной потерей или без потери фоточувствительных элементов, соответственно.

При этом определены оптимальные режимы и длины волн (248 и 337 нм) импульсного наносекундного лазера, использованного при скрайбировании, как наиболее удовлетворяющие требованиям минимизации областей повреждения кремниевой подложки.

Размер зоны потери фоточувствительности объединенной матрицы фотоэлементов МФП вдоль горизонтальной линии стыковки определяется только возможностями разработанной прецизионной технологии близкой стыковки кремниевых кристаллов и на данный момент не превышает 30 мкм (это технологическая часть «слепой зоны»). В то время как достигнутый к настоящему времени мировой результат составляет 100 мкм (фирма LSST Corporation).

На основе анализа принципов построения схем считывания фотосигналов микроболметров синтезирована конструкция субмодуля, которая при размещении контактных площадок на одной стороне кристалла заданным образом минимизирует топологические размеры блока адресации по соответствующей координате. Предложенная схема блока адресации при использовании технологии 0,5 мкм КМОП 1P3M обеспечивает минимальный топологический размер в области «слепой зоны» МФП, а именно, 20 мкм для ФЧЭ ТГц-диапазона с шагом 100 мкм и 26 мкм для ИК ФЧЭ с шагом 51 мкм.

Применение изложенных выше результатов экспериментальных исследований при создании по разработанной технологии неохлаждаемых микроболметрических МФП форматом 3072×576 на основе субмодулей размерностью 384×288 обеспечивает в ИК-диапазоне эффективность преобразования изображений более 99%, а в ТГц-диапазоне эффективность преобразования может достигать 100%.

Авторы выражают благодарность академику А.Л. Асееву за поддержку научно-исследовательских работ, нацеленных на создание мозаичных фотоприемников.

Литература

1. Sparfke T., Beletic J.W. // Optics and Photonics News. 2008. V. 19. No. 6. P. 22
2. Филачев А.М., Таубкин И.И., Трищенко М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. —М.: Физматкнига, 2005
3. Finger G., Beletic J.W. // Workshop on Scientific Detectors for Astronomy. Proc. SPIE. 2003. V. 4841. P. 839
4. Dorn R.J., Finger G., Huster G., et al. // Proc. SPIE. 2004. V. 5499. P. 510
5. Scowen P. A., Jansen R., Beasley M., et al. // 213 конференция американского Астрономического Общества. январь 2009
6. Новоселов А.Р. // Автометрия. 2010. Т. 46. № 6. С. 106
7. Chamonal J.P., Mottin E., Audebert P., et al. // Proc. SPIE. 2000. V. 4130. P. 452
8. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств. —М.: Радио и связь, 1991
9. Промышленное применение лазеров. Под ред. Кэбнера Г. —М.: Машиностроение, 1988
10. Narayan J., Young F.W. // Applied Physics Letter. 1979. V. 35. No. 4. P. 330
11. Балдуллаева А., Власенко А.И., Кузнецов Э.И. и др. // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. № 8. С. 960
12. Mooney P.M., Young R.T., Karins J., et al. // Phys. Status Solidi A. 1978. V. 48. No. 1. P. K31
13. Afonso C.N., Alonso M., Neira J.L.H., et al. // J. Vacuum Science Technology. 1989. A 7. No. 6. P. 3256
14. Физика полупроводниковых приборов. Под ред. Зи С.М. — М: Энергия, 1973
15. Hong M.H., Yongfeng L. // Proc. SPIE. 1999. V. 3618. P. 37
16. Novoselov A.R., Klimenko A.G. // Proc. SPIE. 2002. V. 4426. P. 150
17. Козлов А.И. // Автометрия. 2010. Т. 46. № 1. С. 118
18. Мурога С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем. В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ. Под ред. Кисельникова В.М. —М.: Мир, 1985

Development of uncooled microbolometer mosaic focal plane arrays of format up to 3072×576 and larger for infrared and terahertz wavelength ranges

M. A. Dem'yanenko¹, D. G. Esaev¹, A. G. Klimenko¹, A. I. Kozlov¹,
I. V. Marchishin¹, A. R. Novoselov², and V. N. Ovsyuk¹

¹Rzhanov Institute of Semiconductor Physics,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISP SB RAS).
13 Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia,
E-mail: kozlov@isp.nsc.ru

²Novosibirsk Affiliated Branch of ISP SB RAS
 Design-and-Technology Institute of Applied Microelectronics
 2/1 Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia,
 E-mail: novoselov@oesd.ru

Received February 15, 2014

The exact chips-butting technology to fabricate a hyper-large-format microbolometer mosaic focal plane arrays (FPA) are developed. We have studied and optimized the processes of laser chip-dicing to obtain the technological gap between neighbour FPA's pixels of less 30 μm. Also we have synthesized the design of address block, which at fabrication of FPA's readout integrated circuit on 0,5 μm CMOS 1P 3M technology ensure the topological additional gap between neighbour FPA's pixels equal 20 μm for terahertz microbolometer with pitch of 100 μm and equal 26 μm for infrared microbolometer with pitch of 51 μm.

PACS: 07.57.Kp, 85.40.— e, 42.30.Va, 79.20.Eb

Keywords: mosaic focal plane arrays, microbolometer, readout integrated circuit, infrared and terahertz range, laser chip-dicing

References

1. T. Sparfke and J. W. Beletic, *Optics and Photonics News* **19** (6), 22 (2008).
2. A. M. Filachev, I. I. Taubkin, and M. A. Trishenkov, *Solid-State Photoelectronics. Physical Base*. (Fizmatkniga, Moscow, 2005) [in Russian].
3. G. Finger and J. W. Beletic, *Proc. SPIE* **4841**, 839 (2003).
4. R. J. Dorn, G. Finger, G. Huster, et al., *Proc. SPIE* **5499**, 510 (2004).
5. P. A. Scowen, R. Jansen, M. Beasley, et al., in *Proceedings of the 213 Conference of American Astronomical Society*. (January, 2009).
6. A. R. Novoselov, *Optoelectron., Instrum. Data Process.*, **46** (6), 106 (2010).
7. J. P. Chamonal, E. Mottin, P. Audebert, et al., *Proc. SPIE* **4130**, 452 (2000).
8. Z. Yu. Gotra, *Technology of Microelectronic Devices* (Radio i Svyaz», Moscow, 1991) [in Russian].
9. *Industrial Application of Lasers*, Ed. by G. Kebner (Mashinostroenie, Moscow, 1988) [in Russian].
10. J. Narayan and F. W. Young, *Appl. Phys. Lett.* **35**, 330 (1979).
11. A. Bakdullaeva, A. I. Vlasenko, E. I. Kuznetsov, et al., *Semiconductors* **35**, 960 (2001).
12. P. M. Mooney, R. T. Young, J. Karins, et al., *Phys. Status Solidi A* **48** (1), K31 (1978).
13. C. N. Afonso, M. Alonso, J. L. H. Neira, et al., *J. Vacuum Science Technology A* **7**, 3256 (1986).
14. *Physics of Semiconductor Devices*, Ed. by S. M. Zi (Energia, Moscow, 1973) [in Russian].
15. M. H. Hong and L. Yongfeng, *Proc. SPIE* **3618**, 37 (1999).
16. A. R. Novoselov and A. G. Klimenko, *Proc. SPIE* **4426**, 150 (2002).
17. A. I. Kozlov, *Optoelectron., Instrum. Data Process.*, **46** (1), 118 (2010).
18. S. Muroga, in *System Design of Very Large-Scale Integration*. Ed. by V. M. Kisel'nikov (Mir, Moscow, 1985), Book 1 [in Russian].